

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-248406

(P2001-248406A)

(43) 公開日 平成13年9月14日(2001.9.14)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 0 1 D 11/08		F 0 1 D 11/08	3 G 0 0 2
25/12		25/12	E 3 G 0 8 1
25/14		25/14	
25/24		25/24	P
F 0 1 K 23/02		F 0 1 K 23/02	A

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-62490(P2000-62490)

(22) 出願日 平成12年3月7日(2000.3.7)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 小代 泰弘

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(72) 発明者 赤城 弘一

兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号

三菱重工業株式会社高砂製作所内

(74) 代理人 100069246

弁理士 石川 新 (外1名)

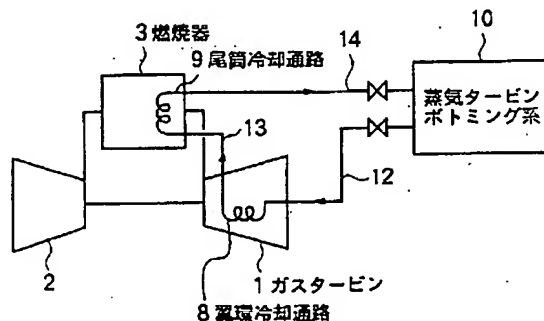
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガスタービン

(57) 【要約】

【課題】 ガスタービンに関し、蒸気で翼環を冷却し、冷却蒸気を調節することにより動翼先端と翼環との間のクリアランスをコントロールし、クリアランスを適正に保持する。

【解決手段】 蒸気タービンボトムリング系10からの蒸気は配管12よりガスタービン1の翼環冷却通路8に流れ、翼環を冷却し、冷却後の蒸気を燃焼器3の尾筒冷却通路9へ流し、尾筒を冷却して配管14より蒸気タービンボトムリング系10に回収される。翼環を蒸気で冷却し、冷却用蒸気の流量、圧力、温度を適正に調節することにより翼環の熱伸びを調整し、動翼先端とのクリアランスが目標値に近づくようにコントロールするので、運転中のクリアランスを極力小さくすることによりガスタービンの性能を向上させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガスタービンの動翼先端と対向する翼環内に冷却通路を設け、同通路に補助ボイラと蒸気タービンのボトミング系からの蒸気供給源とを接続し、同補助ボイラ又は同蒸気供給源から蒸気を前記冷却通路へ流して翼環を冷却し冷却後の蒸気を回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【請求項2】 ガスタービンの動翼先端と対向する翼環内に冷却通路を設け、同通路に蒸気供給源から蒸気を流して翼環を冷却し、冷却後の蒸気を燃焼器尾筒接続部へ流して尾筒へ導き同尾筒の壁内部を冷却し冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【請求項3】 ガスタービンの動翼先端と対向する翼環内に冷却通路を設け、同通路に蒸気供給源から蒸気を流して翼環を冷却すると共に、前記蒸気供給源から並列に燃焼器尾筒接続部へ蒸気を流して尾筒へ導き同尾筒の壁内部を冷却し、前記通路及び前記尾筒接続部からの冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【請求項4】 ガスタービンの第1段動翼先端と対向する翼環内に翼環冷却通路を設けると共に、第1段静翼内に前記翼環冷却通路と連通する静翼冷却通路を設け、蒸気供給源から前記翼環冷却通路へ蒸気を供給し同翼環を冷却し、冷却後の蒸気を前記静翼冷却通路へ流し、同静翼冷却通路を冷却した蒸気を尾筒接続部へ流して同尾筒の壁内部を冷却し、前記尾筒接続部からの冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【請求項5】 ガスタービンの第1段動翼先端と対向する翼環内に翼環冷却通路を設けると共に、第1段静翼内に前記翼環冷却通路と連通する静翼冷却通路を設け、蒸気供給源から前記翼環冷却通路へ蒸気を供給し同翼環を冷却し、冷却後の蒸気を前記静翼冷却通路へ流すと共に、前記蒸気供給源から並列に燃焼器尾筒接続部へ蒸気を流して尾筒へ導き同尾筒の壁内部を冷却し、前記静翼冷却通路及び前記尾筒接続部からの冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【請求項6】 前記翼環は第1段動翼先端と対向する翼環であり、同翼環には円周方向に配列した複数の燃焼器尾筒の位置と対向して軸方向に突設するブロックをそれぞれ設け、同ブロック内に軸方向に伸びる通路と周方向の通路とでU字状通路を形成し、同U字状通路には一端から蒸気を流入し、他端から流出し、冷却後の蒸気を尾

筒接続部から前記尾筒へ供給することを特徴とする請求項2記載のガスタービン。

【請求項7】 前記翼環は第1段動翼と対向する第1翼環と第2段動翼と対向する第2翼環とからなり、前記冷却通路は前記第1翼環の第1冷却通路と前記第2翼環の第2冷却通路で構成され、前記第1、第2冷却通路間を連通する軸方向通路と、前記第1冷却通路と前記尾筒接続部とを接続する尾筒側通路とを備え、前記蒸気供給源からの蒸気は、前記第2冷却通路、前記軸方向通路、前記第1冷却通路、前記尾筒側通路の順に流れ、前記尾筒接続部へ供給されることを特徴とする請求項2記載のガスタービン。

【請求項8】 前記尾筒接続部は、前記第1冷却通路と接続する尾筒冷却入口と、前記尾筒を冷却した冷却後の蒸気を流出する尾筒冷却出口と、同尾筒冷却出口が接続する出口管マニホールドとからなることを特徴とする請求項7記載のガスタービン。

【請求項9】 前記第1と第2の翼環は、それぞれ上下で半円形状で2分割され、左右でフランジ結合された形状であり、外側が車室壁と嵌合する凹部又は凸部を有し、内側には動翼先端と対向する壁面を支持する突起部を有し、断面形状が径方向中心線に対して概略対称に形成されていることを特徴とする請求項7記載のガスタービン。

【請求項10】 前記第1と第2の翼環は、それぞれ上下で半円形状で2分割され、左右でフランジ結合された形状であり、同フランジ結合部の水平接合面において上部翼環内の冷却通路が下部翼環の冷却通路内へ所定の長さ入り込み、同入り込んだ部分の周囲にはシール部材を介装したことを特徴とする請求項7記載のガスタービン。

【請求項11】 前記翼環は、上下で半円形状で2分割され、左右でフランジ結合された形状であり、外周囲の上下には前記フランジとほぼ同等の形状の部材を取付けたことを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載のガスタービン。

【請求項12】 前記翼環への蒸気入口、蒸気出口は、それぞれ複数個からなり、それぞれ上下左右にほぼ均等配置となるように配設されていることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載のガスタービン。

【請求項13】 前記翼環の表面で空間に露出し高温にさらされる部分には断熱材料からなるサーマルシールドで覆ったことを特徴とする請求項7記載のガスタービン。

【請求項14】 前記翼環の周囲には車室外側から挿通され検出部を動翼先端と対向する内周壁面に露出させ前記動翼先端とのクリアランスを検出する複数のセンサを設け、前記蒸気供給源から翼環へ蒸気を供給する系路の途中に設けられた蒸気温度調節器と、同蒸気温度調節器と前記翼環への蒸気入口との間に設けられた流量制御弁と、前記センサからの信号を取り込み、同検出信号を予め設定した目標値と比較し、クリアランスが同目標値に

近づくように前記蒸気温度調節器及び流量制御弁の開度を制御する制御装置とを備えてなることを特徴とする請求項1から5のいずれかに記載のガスタービン。

【請求項15】前記センサはFM変調静電容量型センサであることを特徴とする請求項14記載のガスタービン。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はガスタービンに関し、翼環を熱による影響を少なくするような形状とし、翼環、特に第1段と第2段の翼環の形状を改良すると共に、翼環を蒸気で冷却することにより、この蒸気の温度、圧力、流量を制御して翼環の熱膨張を小さくし、変化を均一化して運転中の動翼先端のクリアランスを低減させ、ガスタービンの性能を向上させるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】図20はガスタービンの代表的な内部を示す断面図であり、100は燃焼器の尾筒出口であり、高温の燃焼ガスが流出する。101はガスパスであり、軸方向には、それぞれ静翼1C、2C、3C、4Cの4段が配設されており、各静翼はそれぞれ外側シェラウドで翼環102、103、104、105に連結され、円周方向に複数枚が取付けられている。又静翼1C、2C、3C、4Cとはそれぞれ交互に動翼1S、2S、3S、4Sが配置されており、動翼はそれぞれロータ200の周囲に複数枚が取付けられている。

【0003】上記構成のガスタービンにおいては、静翼は翼環側から冷却空気を導き、又、動翼はロータ側から冷却空気を導いて冷却が行なわれるのが一般的であるが、近年のガスタービンの高温化に伴って、蒸気で冷却する方式が採用されるようになってきている。又、ガスタービンの起動時には、動翼先端と翼環とのクリアランスを所定量を保って運転を開始するが、立ち上がり時には翼環が冷えて縮まっているので、ロータや動翼の方が早く加熱されて動翼先端のクリアランスが小さくなり、運転中に接触の危険性が高まる。従って、クリアランスは、この危険度を見込んで適切に設定しなければならない。このクリアランスがあまり広いとガスタービンの性能を低下させてしまうので、動翼先端と翼環とのクリアランスをできるだけ小さくすることがガスタービンの性能向上の有力な手段となるが、現状では、産業用ガスタービンの分野においては、このような対策は充分に確立されていないのが現状である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】前述のように、従来の産業用ガスタービンにおいては、ガスタービンの静翼、動翼、ロータ等は冷却空気を導き、冷却することが一般的に行なわれているが、近年のガスタービンの高温化に伴い、空気に代えて蒸気冷却方式が採用されるようにな

ってきている。このようなガスタービンにおいては、動翼先端と翼環とのクリアランスは起動時から運転中に熱の影響により変化し、起動時の所定のクリアランスが立ち上がり時に翼環側と動翼との熱伸び差により最小クリアランスの状態が生じ、適切なクリアランスの設定をしないと接触が生じて危険な状態をまねくことになる。

又、運転中にクリアランスがあまり大きすぎると、ガスタービンの性能低下をまねくことになり、適切な動翼のチップクリアランスの設定が必要である。そのためには、このチップクリアランスの量を熱により大きく変動しないようにし、かつ接触が生じないような最適な量に制御することが好ましいが、現状では産業用ガスタービンにおいては、このような制御は種々検討されている段階であり、充分な技術が確立されていない。

【0005】そこで本発明ではガスタービンの翼環の形状構造に種々改良を加え、翼環の熱的影響を小さくするような構造とすると共に、翼環を蒸気で冷却する方式とし、この冷却蒸気の温度、圧力、流量を制御して動翼先端と翼環との間のクリアランスを最適となるように制御するガスタービンを提供することを課題としてなされたものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は前述の課題を解決するために、次の(1)～(15)の手段を提供する。

【0007】(1)ガスタービンの動翼先端と対向する翼環内に冷却通路を設け、同通路に補助ボイラと蒸気タービンのボトムリング系からの蒸気供給源とを接続し、同補助ボイラ又は同蒸気供給源から蒸気を前記冷却通路へ流して翼環を冷却し冷却後の蒸気を回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【0008】(2)ガスタービンの動翼先端と対向する翼環内に冷却通路を設け、同通路に蒸気供給源から蒸気を流して翼環を冷却し、冷却後の蒸気を燃焼器尾筒接続部へ流して尾筒へ導き同尾筒の壁内部を冷却し冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【0009】(3)ガスタービンの動翼先端と対向する翼環内に冷却通路を設け、同通路に蒸気供給源から蒸気を流して翼環を冷却すると共に、前記蒸気供給源から並列に燃焼器尾筒接続部へ蒸気を流して尾筒へ導き同尾筒の壁内部を冷却し、前記通路及び前記尾筒接続部からの冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【0010】(4)ガスタービンの第1段動翼先端と対向する翼環内に翼環冷却通路を設けると共に、第1段静翼内に前記翼環冷却通路と連通する静翼冷却通路を設

け、蒸気供給源から前記翼環冷却通路へ蒸気を供給し同翼環を冷却し、冷却後の蒸気を前記静翼冷却通路へ流し、同静翼冷却通路を冷却した蒸気を尾筒接続部へ流して同尾筒の壁内部を冷却し、前記尾筒接続部からの冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【0011】(5) ガスタービンの第1段動翼先端と対向する翼環内に翼環冷却通路を設けると共に、第1段静翼内に前記翼環冷却通路と連通する静翼冷却通路を設け、蒸気供給源から前記翼環冷却通路へ蒸気を供給し同翼環を冷却し、冷却後の蒸気を前記静翼冷却通路へ流すと共に、前記蒸気供給源から並列に燃焼器尾筒接続部へ蒸気を流して尾筒へ導き同尾筒の壁内部を冷却し、前記静翼冷却通路及び前記尾筒接続部からの冷却後の蒸気を前記蒸気供給源へ回収することにより、前記動翼先端と前記翼環との間のクリアランスを低減させることを特徴とするガスタービン。

【0012】(6) 前記翼環は第1段動翼先端と対向する翼環であり、同翼環には円周方向に配列した複数の燃焼器尾筒の位置と対向して軸方向に突設するブロックをそれぞれ設け、同ブロック内に軸方向に伸びる通路と周方向の通路とでU字状通路を形成し、同U字状通路には一端から蒸気を流入し、他端から流出し、冷却後の蒸気を尾筒接続部から前記尾筒へ供給することを特徴とする(2)記載のガスタービン。

【0013】(7) 前記翼環は第1段動翼と対向する第1翼環と第2段動翼と対向する第2翼環とからなり、前記冷却通路は前記第1翼環の第1冷却通路と前記第2翼環の第2冷却通路で構成され、前記第1、第2冷却通路間を連通する軸方向通路と、前記第1冷却通路と前記尾筒接続部とを接続する尾筒側通路とを備え、前記蒸気供給源からの蒸気は、前記第2冷却通路、前記軸方向通路、前記第1冷却通路、前記尾筒側通路の順に流れ、前記尾筒接続部へ供給されることを特徴とする(2)記載のガスタービン。

【0014】(8) 前記尾筒接続部は、前記第1冷却通路と接続する尾筒冷却入口と、前記尾筒を冷却した冷却後の蒸気を流出する尾筒冷却出口と、同尾筒冷却出口が接続する出口管マニホールドとからなることを特徴とする(7)記載のガスタービン。

【0015】(9) 前記第1と第2の翼環は、それぞれ上下で半円形状で2分割され、左右でフランジ結合された形状であり、外側が車室壁と嵌合する凹部又は凸部を有し、内側には動翼先端と対向する壁面を支持する突起部を有し、断面形状が径方向中心線に対して概略対称に形成されていることを特徴とする(7)記載ガスタービン。

【0016】(10) 前記第1と第2の翼環は、それぞれ上下で半円形状で2分割され、左右でフランジ結合さ

れた形状であり、同フランジ結合部の水平接合面において上部翼環内の冷却通路が下部翼環の冷却通路内へ所定の長さ入り込み、同入り込んだ部分の周囲にはシール部材を介装したことを特徴とする(7)記載のガスタービン。

【0017】(11) 前記翼環は、上下で半円形状で2分割され、左右でフランジ結合された形状であり、外周囲の上下には前記フランジとほぼ同等の形状の部材を取付けたことを特徴とする(1)から(5)のいずれかに記載のガスタービン。

【0018】(12) 前記翼環への蒸気入口、蒸気出口は、それぞれ複数個からなり、それぞれ上下左右にはほぼ均等配置となるように配設されていることを特徴とする(1)から(5)のいずれかに記載のガスタービン。

【0019】(13) 前記翼環の表面で空間に露出し高温にさらされる部分には断熱材料からなるサーマルシールドで覆ったことを特徴とする(7)記載のガスタービン。

【0020】(14) 前記翼環の周囲には車室外側から挿通され検出部を動翼先端と対向する内周壁面に露出させ前記動翼先端とのクリアランスを検出する複数のセンサを設け、前記蒸気供給源から翼環へ蒸気を供給する系路の途中に設けられた蒸気温度調節器と、同蒸気温度調節器と前記翼環への蒸気入口との間に設けられた流量制御弁と、前記センサからの信号を取り込み、同検出信号を予め設定した目標値と比較し、クリアランスが同目標値に近づくように前記蒸気温度調節器及び流量制御弁の開度を制御する制御装置とを備えてなることを特徴とする(1)から(5)のいずれかに記載のガスタービン。

【0021】(15) 前記センサはFM変調静電容量型センサであることを特徴とする(14)記載のガスタービン。

【0022】本発明は、上記の(1)～(5)を基本としている。(1)の発明では、まず、起動時には翼環内の冷却通路に補助ボイラから蒸気が供給され、翼環は立ち上がり時に冷えた状態から加熱されるので、動翼先端とのクリアランスは拡大し、立ち上がり時の最小クリアランス時の接触が回避される。通常運転中には蒸気タービンのボトムリング系からの蒸気を翼環に供給し、翼環の動翼先端部と対向する部分を冷却し、この蒸気流量や温度を適切に設定することにより翼環の熱伸びを調整することができ、動翼とのクリアランスを適切に設定し、クリアランスが拡大することによるガスタービンの性能低下を抑えることができる。

【0023】本発明の(2)では、まず翼環を冷却し、上記と同様に動翼先端とのクリアランスを適切に調整することができ、その後翼環を冷却した蒸気を燃焼器尾筒へ流し、高温の尾筒壁内部に流れて尾筒を冷却した後回収されるので、クリアランスのコントロールと共に、蒸気による尾筒の冷却もなされ、ガスタービンの性能向上

に貢献するものである。

【0024】本発明の(3)では、翼環への蒸気供給と尾筒への蒸気供給とは並行してなされ、上記(2)の発明と同等の効果が得られると共に、翼環から尾筒への蒸気供給系路がなくなり、尾筒へは独立に供給され、冷却方式の適用幅が広がり、形式により適切な方式が選択できるようになる。

【0025】本発明の(4)では、翼環を冷却後に、静翼内を冷却し、温度が上昇した冷却蒸気で更に、高温部の尾筒も冷却するので、翼環の冷却による動翼先端とのクリアランスのコントロールと共に、静翼、尾筒も冷却され、ガスタービンの性能向上に貢献するものである。

【0026】本発明の(5)では、翼環と静翼の蒸気の供給と尾筒への蒸気の供給とが並行してなされ、上記(4)の発明と同様の効果が得られると共に、尾筒への蒸気の供給が別系統でできる方式となり冷却方式の適用幅が広がり、形式により適切な方式が選択できるようになる。

【0027】本発明の(6)では、(2)の発明の翼環を、熱の影響が最も厳しい第1段のみとし、冷却通路をブロック内のU字状通路で形成し、それぞれの燃焼器尾筒の位置と対応させて設けているので、冷却後の蒸気の尾筒への供給が容易となる構造となり、尾筒接続部からの尾筒冷却後の流出も容易となり、構造が簡素化される。

【0028】本発明の(7)では、(2)の発明の翼環を第1翼環と第2翼環に分割し、それぞれの翼環に第1冷却通路と第2冷却通路とを設けているので、第1段動翼と第2段動翼先端とのクリアランスの両方を翼環を蒸気冷却することによりコントロールでき、(2)の発明のガスタービン性能向上がより一層効果的になされる。

【0029】本発明の(8)では、上記(7)の発明における尾筒への蒸気の流出が、尾筒接続部の尾筒冷却入口から容易に供給され、又尾筒を冷却した蒸気が尾筒冷却出口から容易に取り出し、取り出した蒸気を出口管マニホールドに集め、ここから蒸気供給源へ回収が容易になされる。

【0030】本発明の(9)では、翼環の断面が径方向の中心軸に対し、ほぼ軸対称となっており、コンパクトな形状であり、かつ車室との嵌合も凹部や凸部により容易に嵌合できるので、翼環の変形量を小さく、かつ均等化することができる。又、翼環断面形状をコンパクトにすることにより車室への嵌合部も簡素化され、この部分の車室も小径にすることができる。又、本発明の(10)では、上下翼環のフランジ結合部の上下の冷却通路の結合部周囲にシール部材を介在させており、この部分での蒸気の漏れを防止できる。又、本発明の(11)では、翼環の上下には、左右フランジと同等の熱バランスのための部材を取付けているので、翼環の熱による歪が均一化され、無理な熱応力の発生が防止される。又、本

発明の(12)では、翼環への蒸気入口、翼環からの蒸気出口もできるだけ上下左右均等に配置することにより、熱変形のバランスを取り、熱変形量を均一にしている。又、本発明の(13)では、翼環表面の高温にさらされる部分には、サーマルシールドで覆われているので、翼環の熱的影響を少なくすることができる。

【0031】本発明の(14)では、上記(1)から(5)の基本発明において、翼環の周囲にはクリアランスを検出するセンサを配置し、動翼先端と翼環との間のクリアランスを検出して制御装置に入力する。制御装置では、検出したクリアランスの信号を、予め設定した目標値と比較し、クリアランスを目標値に近づけるように、蒸気温度調節器で蒸気温度を調整し、流量制御弁の開度を調整する。このような制御により、蒸気温度と流量又は圧力の調整が容易となり、クリアランスが目標値に設定され、ガスタービンの性能の低下が防止される。又、本発明の(15)は、FM変調静電容量型センサであり、クリアランスが0~5mm程度の範囲で、かつ高温状態において正確に検出ができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面に基いて具体的に説明する。図1は本発明の実施の第1形態に係るガスタービンの構成図である。図において、1はガスタービン、2は圧縮機、3は燃焼器である。ガスタービン1には翼環冷却通路8が設けられており、この冷却通路8には蒸気タービンボトムギン系10から配管6を通り、冷却用蒸気が供給され、冷却後の高温となった蒸気は配管7から回収され、蒸気タービンボトムギン系10に戻される。又、立ち上がり時には補助ボイラ11から配管4を通り、適切な温度の蒸気が翼環冷却通路8に供給され、翼環を冷却後の蒸気を配管5により回収している。このように翼環を蒸気で冷却することにより、翼環の熱伸びの変化を調整し、クリアランスが拡大しないようにしている。

【0033】図2は本発明の実施の第2形態に係るガスタービンの構成図であり、ガスタービンの翼環と燃焼器尾筒の冷却系路を直列に接続したものである。図において、蒸気タービンボトムギン系10からは配管12を通して、まず翼環冷却通路8に冷却用蒸気が供給され、翼環を冷却し、冷却後の蒸気は配管13を通り、燃焼器3の尾筒冷却通路9に入り、尾筒を冷却し、冷却後の蒸気は配管14により蒸気タービンボトムギン系10に回収される。

【0034】図3は本発明の実施の第2形態に係るガスタービンの構造と冷却用蒸気の経路を示す図であり、ガスタービンの熱的影響の最も厳しい第1段動翼の翼環に蒸気冷却を適用したもので、冷却後の蒸気は尾筒に流すものである。

【0035】図3において、第1段動翼1Sの外側にはタービン翼環20が車室壁に取付けられている。翼環2

0には蒸気入口21が取付けられ、配管12により冷却用蒸気が供給される。翼環20に供給された冷却用蒸気は、翼環内の翼環冷却通路8に流れ、翼環を冷却し、冷却後の蒸気は配管13を通り、燃焼器3の尾筒の冷却用通路へ導かれ、尾筒冷却後の蒸気は図示していない配管より回収される。

【0036】図4は本発明の実施の第2形態における第1段動翼1Sと対向する翼環の斜視図である。図において、タービン翼環20には円周方向に沿って蒸気供給管25が配設されている。タービン翼環20は図示の例では半円形の上部を示し、1個の蒸気入口21と2個の蒸気出口24が設けられ、それぞれ蒸気供給管25と蒸気回収管26に接続されている。蒸気供給管25は蒸気入口21を中心として左右に分かれ、下流に向かうに従って管径を徐々に細くしている。この理由は複数の翼環冷却部22へ蒸気を供給する際に、下流側へ向かうに従って流量が減少してゆくので蒸気の流入する圧力を均一にするためのものである。

【0037】又、タービン翼環20の尾筒側には各燃焼器と対応する位置にそれぞれ8個の尾筒冷却系接続部23が設けられており、この尾筒冷却系接続部23の反対側にはそれぞれ翼環冷却部22が対向配置している。又、尾筒冷却系接続部23には、尾筒の蒸気流入口と接続する穴27、及び尾筒を冷却後の蒸気流出口と接続する穴28が設けられている。

【0038】このような図4に示す構成において、冷却用の蒸気は蒸気入口21から流入し、蒸気供給管25に入り、左右に分岐してそれぞれ翼環冷却部22内の翼環冷却通路8へ流入する。翼環冷却通路8は軸方向の通路8aと周方向の通路8bとから構成され、冷却用蒸気の流れ、それぞれタービン翼環20の動翼と対向する円周方向の壁面を冷却する。

【0039】冷却用蒸気は翼環冷却通路8の8aから8bに流れ、再び対向する8aを流れて尾筒冷却系接続部23の穴27より図示省略の燃焼器の尾筒に流入し、尾筒を冷却した蒸気は尾筒から尾筒冷却系接続部23の穴28へ戻る。戻った蒸気は尾筒冷却系接続部23から蒸気回収管26へ流出し、蒸気出口24から回収される。

【0040】このようにして、本実施の第2形態のガスタービンにおいては、冷却用蒸気により動翼と対向する翼環が冷却され、熱による影響を抑え、蒸気の流量、圧力、温度を適切に制御することにより、クリアランス部の接触を防止すると共に、運転中のクリアランスを極力小さくし、又、翼環20を冷却した蒸気は、更に高温の燃焼器3の尾筒へ流し、尾筒を効果的に冷却することができ、ガスタービンの性能を向上させることができる。

【0041】図5は本発明の実施の第2形態の他の例を示す構成図である。この例では第1段動翼と第2段動翼先端に対向する翼環をそれぞれ独立して設け、従来一体化構造の翼環を分割した構造とし、それぞれの翼環の形

状に特徴を持たせると共に、熱的影響が小さくなるような構造としたものである。

【0042】図5において、蒸気タービンからの冷却用蒸気は、まず第2翼環31へ流入し、第2翼環31を冷却し、冷却後の蒸気は第1翼環30へ流入して第1翼環を冷却する。冷却後の蒸気は尾筒冷却入口32へ流出し、尾筒の壁内部を流れ、尾筒を冷却して尾筒冷却出口33から出口管マニホールド34へ流出し、蒸気タービンへ回収される構成である。

【0043】図6は図5に示す翼環冷却方式の具体的な構造を示す断面図である。図において、第1翼環30と第2翼環31とは分割されており、第1翼環30は第1段動翼1Sに、第2翼環31は第2段動翼2Sにそれぞれ対応している。翼環30、31の中心部には、それぞれ翼環内部へ円周状の翼環冷却通路35、36が設けられ、第2翼環36と第1翼環35とは、図示していないが、図5に示すように軸方向の3本の通路が接続している。

【0044】第1翼環30の翼環冷却通路35は、軸方向の複数本の通路38により尾筒冷却入口32へ接続され、尾筒壁内の通路へ蒸気を供給する。尾筒を冷却した蒸気は尾筒冷却出口33から配管39を通して出口管マニホールド34へ流出し、蒸気タービンへ戻される。又、第1翼環30、第2翼環31の周方向側面にはサーマルシールド37が設けられ、軸方向から伝わる熱をシールドする構造である。

【0045】図7は図6で説明した第2翼環31を示す拡大図であり、従来の翼環103を2分割して第1と第2の翼環に分割し、第2翼環31を構成しており、中央部には円周方向の翼環の冷却通路36が設けられている。この第2翼環31は車室壁と嵌合する部分31aと、動翼側の取付部を形成する部分31bとが、それぞれ径方向の中心線に対して概略前後対称形となっており、翼環形状をコンパクト、かつ軸対称形とし、軸方向の変形量の均等化を図ることができる。

【0046】又、第1翼環の形状も説明は省略するが、ほぼ同様な構成であり、このような第1、第2翼環30、31により従来の翼環103よりも軸方向の変形量を均等化し、変化量を小さくすることができる。なお、図中車室壁との嵌合部31aは翼環側が凹形状としているが、これを逆にして車室側を凹、翼環側を凸形状とし、ほぼ軸対称形となるようにしても良い。

【0047】図8は図6に示す車室部分の拡大図であり、図において、第1翼環30と第2翼環31が小形化され、かつ、蒸気冷却構造とすることにより、従来の車室150と比べ、車室40を小形にすることが可能となり、車室壁との嵌合部を内側へ引っ込め、車室外径を小さくするような形状となり、翼環30、31のスラスト力に対して剛性を従来よりも向上させることができる。

【0048】図9は翼環の上部連結部を示す断面図で、



(a) が従来例、(b) は本発明の実施の第2形態における第2翼環31を代表して示す。図7で示したように、翼環の形状を軸対称として肉厚均等化による局部応力を低減する構造とし、フランジの形状も従来の151と比べ、フランジ41が幅を小さくでき薄くすることができる。これにより軸方向と周方向の変形量を均等化することができる。又、翼環冷却通路36はフランジ41の部分42で連結し、連結部周囲にはシール43を介装させている。

【0049】図10は図5に示す実施の第2形態での翼環の他の改善例を示し、第1翼環30を代表して示し、(a) は正面図、(b) は側面図である。両図において、第1翼環30は水平フランジ41で両端が固定されており、蒸気は第1翼環30を冷却後、燃焼器3の尾筒へ流れ、尾筒を冷却後、回収される。翼環30の上、下部には左右の水平フランジ41と同等のサーマルマス44を取付け、上下、左右で重量、形状を同等にして熱変化のバランスを取るようになっている。

【0050】図11は図5に示す実施の第2形態における第2翼環を示し、(a)、(b) はそれぞれ蒸気の入口、出口の数を変化させ、均等になるように配置した例である。(a) は蒸気の翼環への入口を45-1、45-2を上下に配置し、蒸気の出口を右側に46-1、46-2を、左側に46-3、46-4をそれぞれ配置し、蒸気の入口、出口の配置のバランスを取り、蒸気による冷却を均一にして熱変形のアンバランスを小さくする構成としている。

【0051】又、(b) は蒸気流量を多く必要とする場合には、蒸気入口を3個とする例で、入口47-1を上部へ、入口47-2、47-3を下部に配置し、蒸気出口は上部に48-1と48-3の2箇所、下部に48-2の1箇所とし、蒸気の流れを均一にし、蒸気による翼環の冷却を均等化して熱変形量を均一化することができる。

【0052】図12は図5に示す実施の第2形態におけるサーマルシールドの具体例を示す図で、第1翼環の例で示している。図において、翼環の軸方向の前後両周面にはサーマルシールド37が取付けられており、サーマルシールド37は翼環30の表面に断熱材49がボルト51で固定され、断熱材49の表面はカバー50で覆われている。このようなサーマルシールド37により翼環30の円周側面を覆うことにより軸方向から伝わる高熱をシールドし、蒸気冷却による効果を向上させるようにしている。

【0053】以上、図2～図12で説明した実施の第2形態においては、蒸気により第1翼環30を冷却し、又は第2翼環31を冷却後、第1翼環30を冷却し、冷却後の蒸気で尾筒を冷却するような方式とし、又、翼環30、31の形状を軸対称として形状をコンパクトにすると共に、サーマルシールド37を施し、又、翼環30、

31にサーマルマス44を取付けて熱変化に対するバランスを取る構造とし、あるいは蒸気の翼環30、31への入口、出口を上下でバランス良く配置することにより、冷却効果を均一にするような構造とする。このような構造により、動翼と対向する翼環が効果的に冷却され、この冷却蒸気の温度、圧力、流量を調整することにより動翼先端のクリアランスを立ち上がりには接触しないようにし、運転中にはクリアランスを出来るだけ小さくしてガスタービンの性能を向上させることができる。

【0054】次に、図13は本発明の実施の第3形態に係るガスタービンの構成図である。図において、図3に示す実施の第2形態と異なる部分は、図3の実施の第2形態では、ガスタービン1の翼環を冷却後、冷却蒸気を尾筒に流す直列方式であったが、本実施の第3形態では、翼環冷却通路8と尾筒冷却通路9へは冷却蒸気を並列に接続して供給するようにした部分にあり、その他の構成は図3に示す構成と同じである。

【0055】図13において、蒸気タービンボトムング系10からの冷却蒸気は、配管17から尾筒冷却通路9へ、配管15からは翼環冷却通路8へ、それぞれ並行して供給され、冷却後の蒸気は、尾筒からは配管18を通り、翼環8からは配管16を通り、それぞれ蒸気タービンボトムング系10へ回収される。なお、本実施の第3形態においても、翼環の冷却構造は、翼環を冷却した蒸気は尾筒に接続せず、そのまま回収される部分を除き、図3～図12に示す具体的構成がそのまま適用され、同様の効果を得ることができる。

【0056】図14は本発明の実施の第4形態に係るガスタービンの構成図であり、冷却蒸気で第1段動翼1Sと対向する翼環を冷却した後、その冷却蒸気で第1段静翼1Cを冷却し、その冷却後の蒸気を尾筒へ流し、尾筒を冷却後回収する方式としたものである。

【0057】図14において、冷却用蒸気は、図1、図2と同様に図示していない蒸気タービンボトムング系より導かれ、通路61より翼環60の第1段動翼1Sに対向する部分60aを冷却する。この部分の冷却は図4に示す例と同様に軸方向の流路と周方向の流路でU字状の冷却通路を構成すれば良い。翼環60aを冷却した蒸気は、通路62より第1段静翼1Cに流入し、これを冷却して通路63より燃焼器3の尾筒へ流入して尾筒を冷却し、冷却後の蒸気は通路64より回収される。

【0058】上記の実施の第4形態においても、実施の第2形態と同様に、翼環を冷却し、動翼1Sとのクリアランスを適切な間隔に調整することができ、冷却後の蒸気で高温部の尾筒も冷却できるが、更に、尾筒へ流入する前に第1段静翼1Cも冷却するので、冷却効果が向上し、ガスタービンの性能が著しく向上する。

【0059】図15は本発明の実施の第5形態に係るガスタービンの構成図であり、図14に示す実施の第4形態と比べると、実施の第4形態では翼環60の冷却、静

翼1Cの冷却、尾筒の冷却とそれぞれ順に直列に接続し、冷却したが、本実施の第5形態においては、静翼1Cと尾筒の冷却を冷却用蒸気を並行に流し、冷却するようにしたもので、その他の構造は図14と同じである。

【0060】即ち、図15においては、冷却用蒸気は通路61から翼環60に流入し、60aの部分で冷却し、冷却後の蒸気は通路62から静翼1Cに入り、これを冷却して通路63から流出し、回収され、更に、通路65より分岐して尾筒に流入し、尾筒を冷却後、通路66から回収されるもので、静翼1Cと尾筒が同時に並行して冷却される。このような実施の第5形態においても、実施の第4形態と同様の効果が得られる。

【0061】次に本発明の実施の第1～第5形態に適用されるクリアランスの制御システムについて説明する。まず、図16はクリアランスの状態を示す図で、(X)が本発明の制御システムを適用した特性カーブ、(Y)が従来の特性カーブである。まず(Y)の従来は、初期のクリアランスCR1はコールドスタート(C)時には5mm、ホットスタート(H)時には3mmであり、又、最小クリアランス時の(C)は3mm、(H)は0.8mmである。

【0062】運転の立ち上がり時においては、翼環は冷えており、逆に動翼の方が早く温まり、熱伸びが多いので $T_1$ 時においてクリアランスは縮まり、最小クリアランスCR2が生ずる。従来の特性(Y)においては、初期のクリアランスCR1があまり小さいと、時間 $T_1$ における最小クリアランスCR2時に接触が発生し、危険な状態となるのである程度余裕を持って初期のクリアランスを設定しなければならない。従来の特性では、運転中はクリアランスが図示のように増加してゆくの、初期のクリアランスをあまり大きくすると、運転中のクリアランスが大きくなり、ガスタービンの性能が低下してしまう。

【0063】これに対して本発明の特性(X)は、初期のクリアランスは図1に示すように補助ボイラの蒸気で翼環も熱伸びが生じ大きくなるので、時間 $T_1$ での最小クリアランスも大きくなり、接触の危険性を回避できる。運転中にはクリアランスを上記の実施の第1～第5形態で説明したように、翼環に蒸気を流して冷却し、かつ、後述するように冷却用蒸気の温度、流量又は圧力をコントロールすることにより、安全を考慮した最適目標値CR0となるように制御し、最適のクリアランスCR0を保つように運転してガスタービンの性能の低下を防止する。

【0064】図17は翼環のギャップセンサを示す図であり、図において、車室40、翼環30には車室外部からギャップセンサ70が挿通され、第1段動翼側のシュラウド30aの表面に検出部が露出するように取付けられる。ギャップセンサ70はFM変調静電容量型センサであり、0～5.5mmの範囲において誤差は0.1mm前

後で1200℃の最高使用温度まで計測できるものである。

【0065】図18は図17におけるA-A断面図であり、車室40周囲から翼環30を貫通して4本のギャップセンサ70が挿入され、第1段動翼に対向する翼環30のシュラウド30aの面に検出部が露出し、動翼先端とのギャップを検出し、4本の検出値で翼環の上下左右のクリアランスが測定され、図16に示すような特性カーブを得ることができる。なお、このような測定は第2段翼環についても同様である。

【0066】図19は本発明のクリアランス制御システムの系統図である。図において、蒸気タービンボトム系10からの蒸気は温度調節器72で温度が調節され、流量調節弁71で蒸気の流量又は圧力が調節されて、翼環30に上下2箇所から流入し、翼環30を冷却する。翼環30を冷却した蒸気は4箇所から流出し、蒸気タービンボトム系10へ回収される。又、翼環30には図17、図18で示すように4箇所にギャップセンサ70が取付けられており、動翼先端のクリアランスが測定され、その信号は制御装置73へ入力されている。

【0067】制御装置73では、ギャップセンサ70からの信号を取り込み、図16に示すように立ち上がり後、時間 $T_1$ が経過すると、予め記憶されている最適のクリアランスの目標値と比較し、目標値に近づくように流量調節弁71の開度を制御し、蒸気の流量又は圧力を調節すると共に、温度調節器72を制御し、蒸気の温度を調節するように制御する。

【0068】制御装置73で、上記のように蒸気の流量又は圧力、温度を制御することにより、翼環の蒸気冷却の条件を変化させることにより、図16に示すように運転中のクリアランスを最適の目標値に近づけ、クリアランスを極力小さく設定できるので、クリアランスの拡大によるガスタービンの性能低下を防止することができる。

【0069】

【発明の効果】本発明のガスタービンは、請求項1から請求項5に記載の発明を基本としている。請求項1の発明では、起動時には冷却通路に補助ボイラから蒸気が供給され、翼環は立ち上がり時に冷えた状態から加熱されるので、動翼先端とのクリアランスは拡大し、立ち上がり時の最小クリアランス時の接触が回避される。通常運転中には蒸気タービンのボトム系からの蒸気を翼環に供給し、翼環の動翼先端部と対向する部分を冷却し、この蒸気流量や温度を適切に設定することにより翼環の熱伸びを調整することができ、動翼とのクリアランスを適切に設定し、クリアランスが拡大することによるガスタービンの性能低下を抑えることができる。

【0070】請求項2の発明では、まず翼環を冷却し、上記と同様に動翼先端とのクリアランスを適切に調整す



ることができ、その後翼環を冷却した蒸気を燃焼器尾筒へ流し、高温の尾筒壁内部に流れて尾筒を冷却した後回収されるので、クリアランスのコントロールと共に、蒸気による尾筒の冷却もなされ、ガスタービンの性能向上に貢献するものである。

【0071】請求項3の発明では、翼環への蒸気供給と尾筒への蒸気供給とは並行してなされ、上記請求項2の発明と同等の効果が得られると共に、翼環から尾筒への蒸気供給系路がなくなり、尾筒へは独立に供給され、冷却方式の適用幅が広がり、形式により適切な方式が選択できるようになる。

【0072】請求項4の発明では、翼環を冷却後に、静翼内を冷却し、温度が上昇した冷却蒸気で更に、高温部の尾筒も冷却するので、翼環の冷却による動翼先端とのクリアランスのコントロールと共に、静翼、尾筒も冷却され、ガスタービンの性能向上に貢献するものである。

【0073】請求項5の発明では、翼環と静翼の蒸気の供給と尾筒への蒸気の供給とが並行してなされ、請求項4の発明と同様の効果が得られると共に、尾筒への蒸気の供給が別系統でできる方式となり冷却方式の適用幅が広がり、形式により適切な方式が選択できるようになる。

【0074】請求項6の発明では、請求項2の発明の翼環を、熱の影響が最も厳しい第1段のみとし、冷却通路をブロック内のU字状通路で形成し、それぞれの燃焼器尾筒の位置と対応させて設けているので、冷却後の蒸気の尾筒への供給が容易となる構造となり、尾筒接続部からの尾筒冷却後の流出も容易となり、構造が簡素化される。

【0075】請求項7の発明では、請求項2の発明の翼環を第1翼環と第2翼環に分割し、それぞれの翼環に第1冷却通路と第2冷却通路とを設けているので、第1段動翼と第2段動翼先端とのクリアランスの両方を翼環を蒸気冷却することによりコントロールでき、請求項2の発明のガスタービン性能向上がより一層効果的になされる。

【0076】請求項8の発明では、請求項7の発明における尾筒への蒸気の流出が、尾筒接続部の尾筒冷却入口から容易に供給され、又尾筒を冷却した蒸気が尾筒冷却出口から容易に取り出し、取り出した蒸気を出口管マニホールドに集め、ここから蒸気供給源へ回収が容易になされる。

【0077】請求項9の発明では、翼環の断面が径方向の中心軸に対し、ほぼ軸対称となっており、コンパクトな形状であり、かつ車室との嵌合も凹部や凸部により容易に嵌合できるので、翼環の変形量を小さく、かつ均等化することができる。又、翼環断面形状をコンパクトにすることにより車室への嵌合部も簡素化され、この部分の車室も小径にすることができる。又、本発明の請求項10では、上下翼環のフランジ結合部の上下の冷却通路

の結合部周囲にシール部材を介在させており、この部分での蒸気の漏れを防止できる。又、本発明の請求項11では、翼環の上下には、左右フランジと同等の熱バランスのための部材を取付けているので、翼環の熱による歪が均一化され、無理な熱応力の発生が防止される。又、本発明の請求項12では、翼環への蒸気入口、翼環からの蒸気出口もできるだけ上下左右均等に配置することにより、熱変形のバランスを取り、熱変形量を均一にしている。又、本発明の請求項13では、翼環表面の高温にさらされる部分には、サーマルシールドで覆われているので、翼環の熱的影響を少くすることができる。

【0078】請求項14の発明では、上記請求項1から5の基本発明において、翼環の周囲にはクリアランスを検出するセンサを配置し、動翼先端と翼環との間のクリアランスを検出して制御装置に入力する。制御装置では、検出したクリアランスの信号を、予め設定した目標値と比較し、クリアランスを目標値に近づけるように、蒸気温度調節器で蒸気温度を調整し、流量制御弁の開度を調整する。このような制御により、蒸気温度と流量又は圧力の調整が容易となり、クリアランスが目標値に設定され、ガスタービンの性能の低下が防止される。又、本発明の請求項15は、FM変調静電容量型センサであり、クリアランスが0～5mm程度の範囲で、かつ高温状態において正確に検出ができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の第1形態に係るガスタービンの構成図である。

【図2】本発明の実施の第2形態に係るガスタービンの構成図である。

【図3】本発明の実施の第2形態に係るガスタービン翼環の冷却構造を示す断面図である。

【図4】本発明の実施の第2形態に係るガスタービン翼環の冷却構造斜視図である。

【図5】本発明の実施の第2形態に係るガスタービン翼環の他の冷却構造の冷却系統図である。

【図6】図5に示す冷却系統の構造を示す断面図である。

【図7】図5に示す第2段翼環の形状を示す拡大図である。

【図8】図5に示す翼環と車室の形状を示す図である。

【図9】図5に示す第2翼環のフランジ部の形状を示す図で、(a)は従来の形状、(b)は本発明の形状を示す。

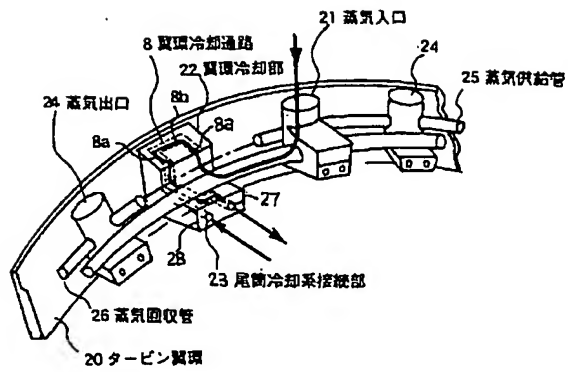
【図10】本発明の実施の第2形態に係るガスタービン翼環のサーマルマスを示す図で、(a)は正面図、(b)は側面図である。

【図11】本発明の実施の第2形態に係るガスタービン翼環の蒸気入口、出口の配置を示し、(a)は入口が上下、(b)は入口が上に1個、下に2個の例である。

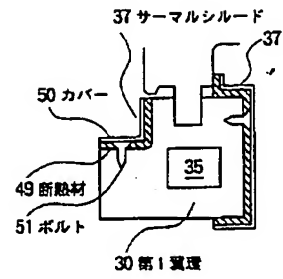
【図12】本発明の実施の第2形態に係るガスタービン



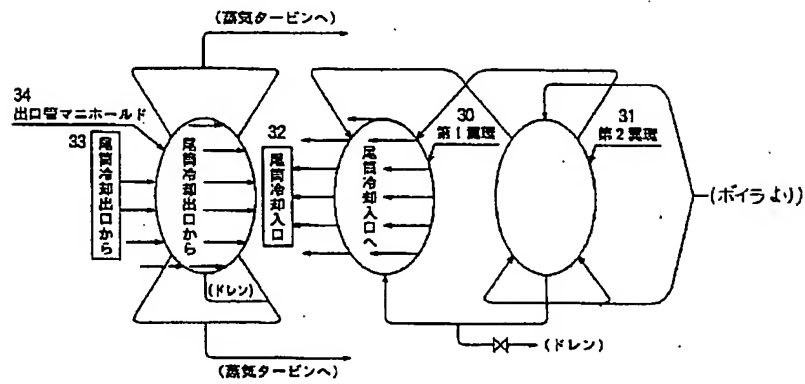
【図4】



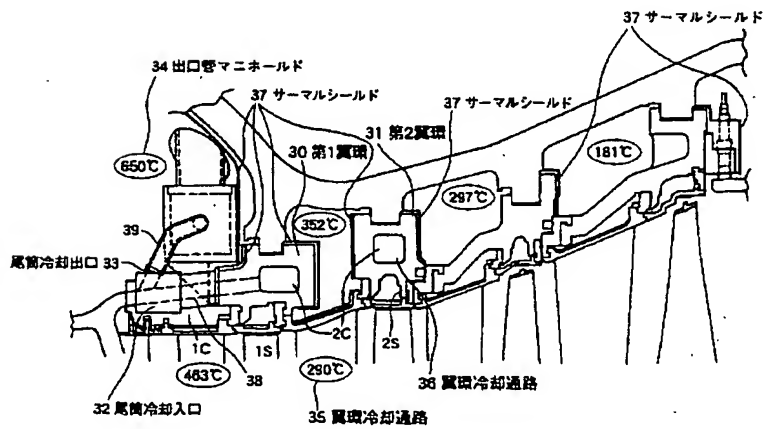
【図12】



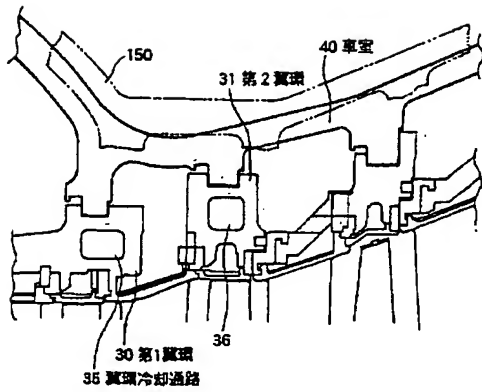
【図5】



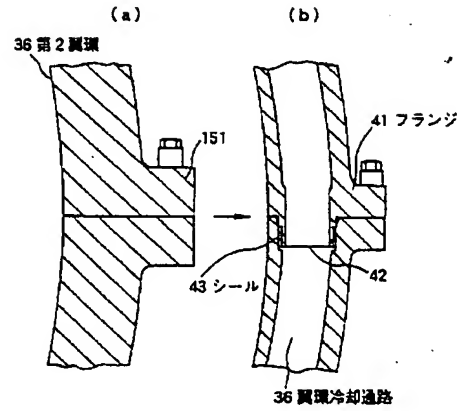
【図6】



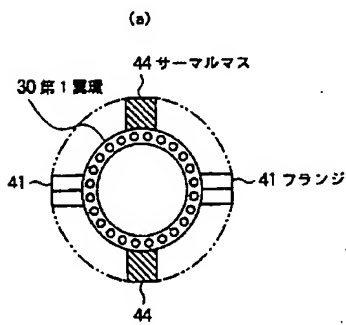
【図8】



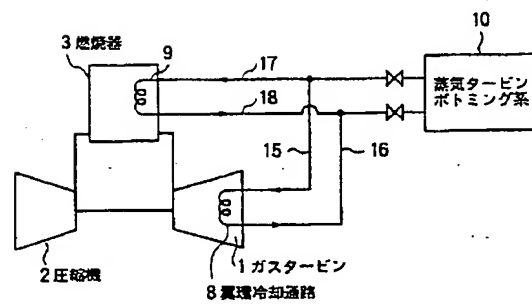
【図9】



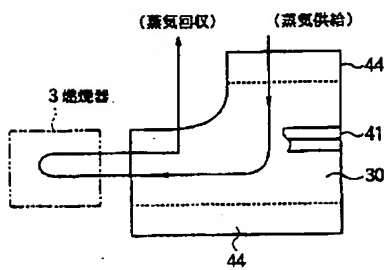
【図10】



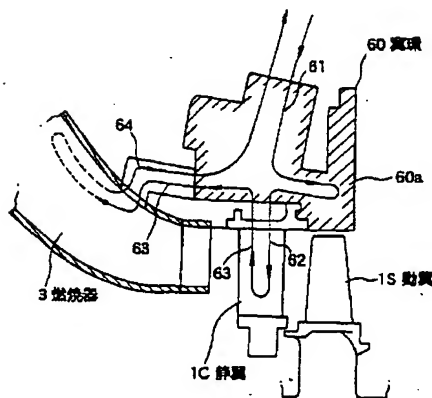
【図13】



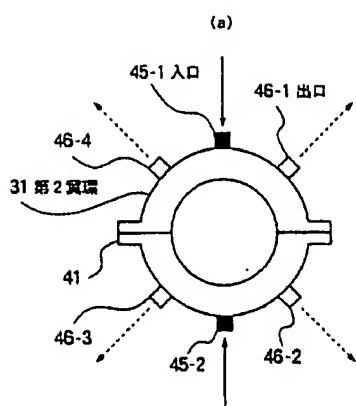
(b)



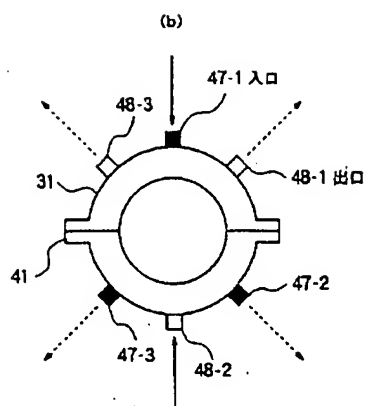
【図14】



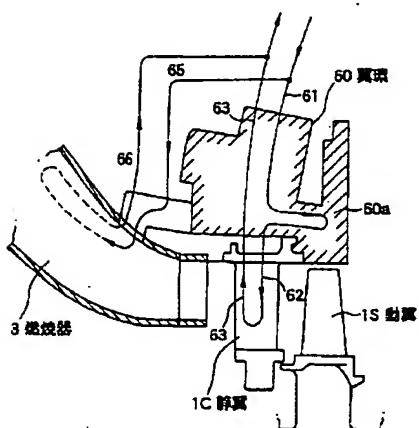
【図11】



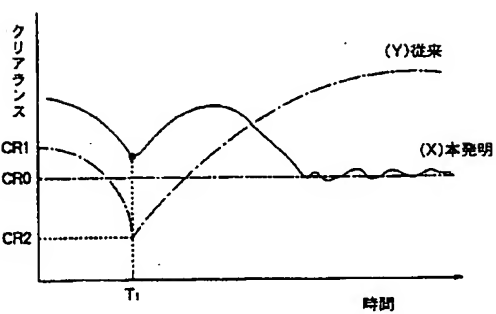
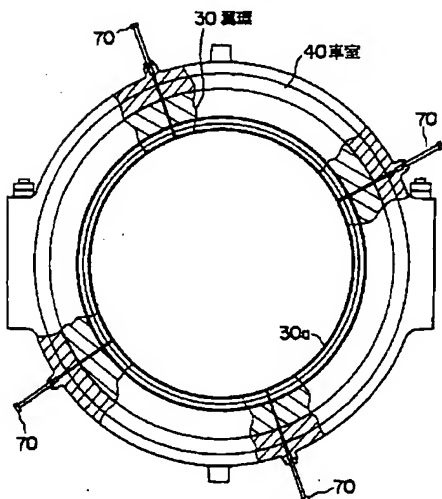
【図15】



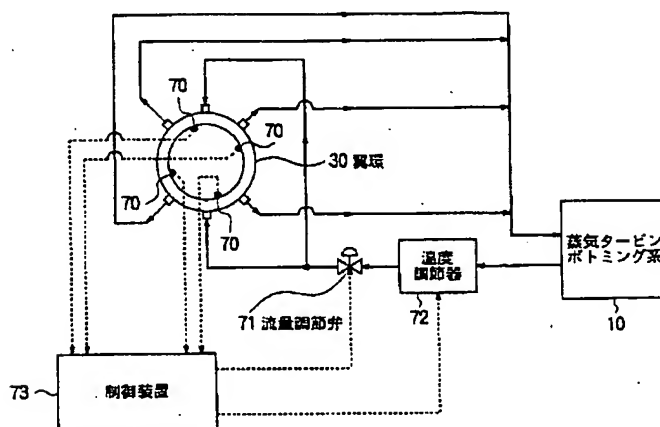
【図16】



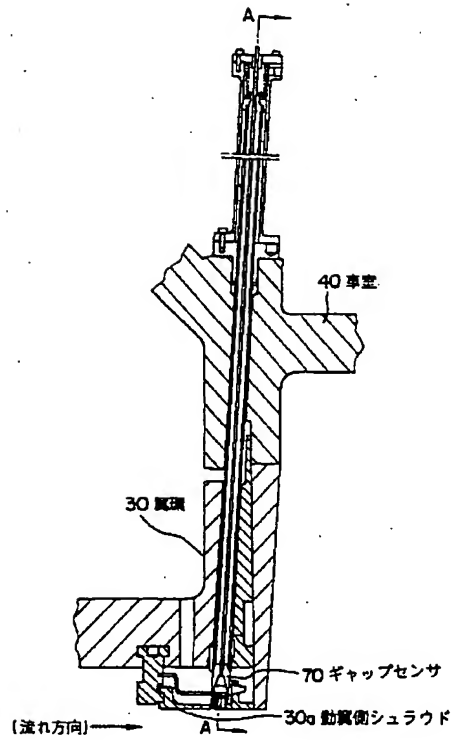
【図18】



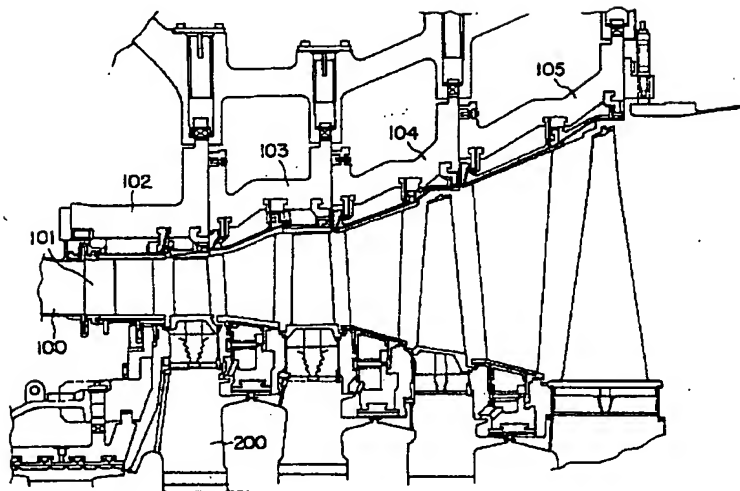
【図19】



【図17】



【図20】





フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ページ (参考)
F 0 2 C	7/00	F 0 2 C	7/00
	7/18		7/18
(72) 発明者	馬越 龍太郎	(72) 発明者	橋本 真也
	兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号		兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号
	三菱重工業株式会社高砂製作所内		三菱重工業株式会社高砂製作所内
(72) 発明者	森本 仁志	(72) 発明者	屋敷 忠雄
	兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 1 番 1 号		兵庫県高砂市荒井町新浜 2 丁目 8 番 19 号
	三菱重工業株式会社高砂製作所内		高菱エンジニアリング株式会社内
		F ターム (参考)	3G002 HA05 HA09
			3G081 BA01 BA11 BB00 BC06 DA23

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**